

Как видно из рис. 1 и 2, теоретическая и экспериментальная кривые близки друг к другу. На основании этого можно сделать вывод, что разработанная физическая модель работы термомеханического насоса достоверно описывает процессы, происходящие в насосе. Расхождения между теоретической и экспериментальной кривыми можно объяснить тем, что в физической модели сделан ряд допущений с целью упрощения расчета.

## **ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ БЕРЕЗОВСКОГО ВОДОКАНАЛА**

*Осипова Е.С., Попов А.И.  
УрФУ, [cvepopov@rambler.ru](mailto:cvepopov@rambler.ru)*

Существенное улучшение экономических и экологических характеристик производства теплоэнергии достигается с помощью теплонасосных установок (ТНУ), позволяющих трансформировать низкотемпературную возобновляемую природную энергию и вторичную низкопотенциальную тепловую энергию до более высоких температур, пригодных для теплоснабжения [1]. Кроме того, применение ТНУ позволяет приблизить тепловые мощности к местам потребления, минимизировать протяженность тепловых сетей, рассредоточить выбросы в регионе и получать в системах отопления 3-8 кВт эквивалентной тепловой энергии в зависимости от температуры низкопотенциальных источников, затрачивая при этом 1 кВт электрической энергии.

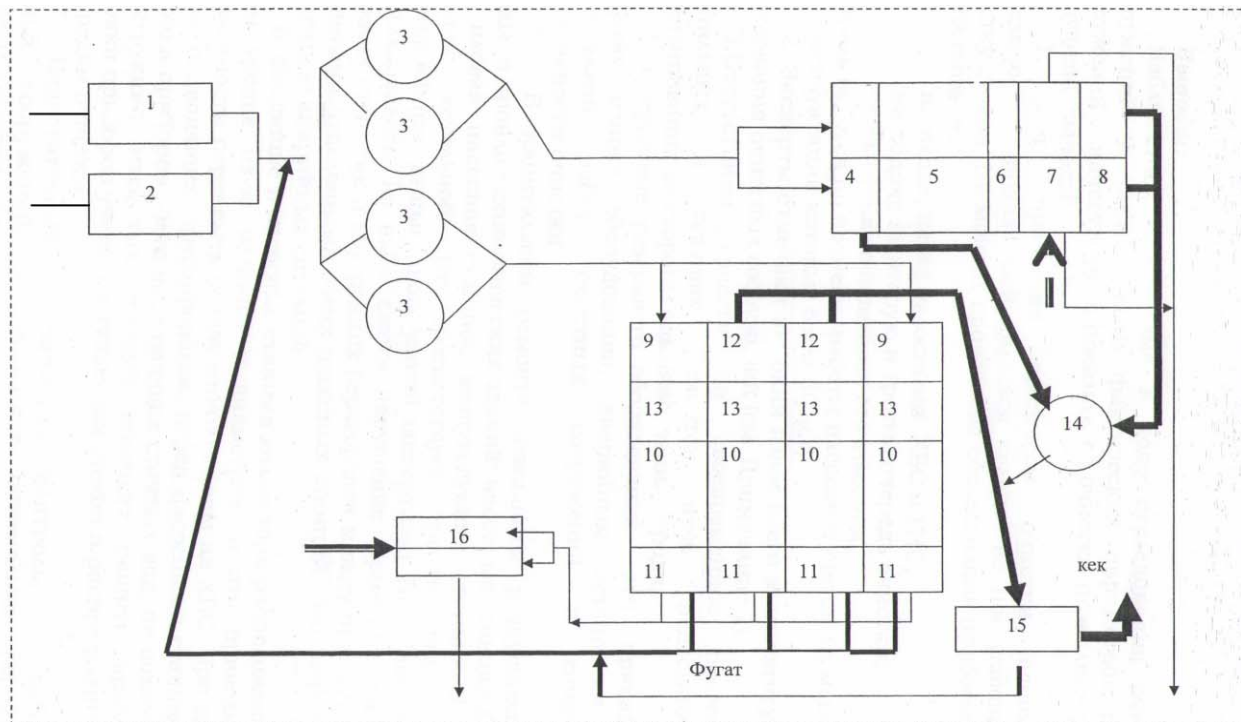
ТНУ широко распространены во многих развитых странах мира, поскольку позволяют экономить дорогостоящее топливо и снижать вредное воздействие промышленных объектов на окружающую среду. Они выпускаются и широко используются в США, Японии, Германии, Франции, Швеции, Норвегии и других странах [2].

Источником низкопотенциальной теплоты для теплового насоса (ТН) может служить тепло наземных либо подземных грунтовых вод (тепло земли), тепло наружного воздуха, производное (вторичное) тепло. Одним из вторичных энергоресурсов является тепло сточных вод.

В больших городах объемы искусственно организованных канализационных стоков достигают объемов от сотен тысяч до нескольких миллионов кубических метров в сутки. Поскольку трубы канализационных стоков проложены под землей, то температура в них остается практически постоянной в течение всего года. Температура сточных вод летом, в среднем, достигает  $+20^{\circ}\text{C}$ , зимой – не менее  $+10^{\circ}\text{C}$ . Это делает их идеальным источником низкопотенциального тепла для использования в ТН [3].

В данной работе, в качестве примера, рассматривается возможность использования теплового потенциала сбросных вод очистных сооружений для обеспечения работы систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения (ГВС) объектов очистных сооружений МУП БВКХ «Водоканал» г. Березовский, Свердловская область, путем внедрения ТНУ.

На рисунке приведена схема объектов очистных сооружений города Березовский. Суммарная годовая тепловая нагрузка объектов очистных сооружений достигает 9213,84 Гкал/год.



1 - ГНС; 2 - ХБС; 3 - горизонтальные песколовки;

Блок второй очереди: 4 - первичные отстойники (2 шт.); 5 - аэротенки (2 шт.); 6 - вторичные отстойники (2 шт.); 7 - контактные резервуары (2 шт.); 8 - илоуплотнители.

Блок третьей очереди: 9 - первичные отстойники (2 шт.); 10 - аэротенки (4 шт.); 11 - вторичные отстойники (4 шт.); 12 - илоуплотнители (2 шт.); 13 - стабилизаторы (не эксплуатируются - 4 шт.).

14 - иловая насосная станция; 15 - производственный корпус обезвоживания; 16 - контактный резервуар.

—> Сточная вода

—> Хлор

—> Осадок

Схема объектов очистных сооружений города Березовский

В городскую систему канализации поступают хозяйственные стоки от населения и всех предприятий города. Городские очистные сооружения имеют производительность 13 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Очищенные стоки, в зависимости от времени года, имеют температуру от +16 °С до +22 °С [4]. Количество тепловой энергии, которое возможно получить при использовании потенциала сточных вод, находится по формуле:

$$Q = G \cdot \Delta t \cdot C,$$

где  $Q$  – количество тепловой энергии, Гкал/мес.;  $G$  – расход стоков, кг/ч;  $\Delta t$  – градиент температуры, °С;  $C$  – теплоемкость воды, 4,19 кДж/кг °С.

Итоговые результаты расчета теплового потенциала сточных вод очистных сооружений г. Березовский представлены в таблице.

### Тепловой потенциал сточных вод очистных сооружений г. Березовский

Месяц	Градиент температуры, используемый ТН $\Delta t$ , °С	Среднесуточный приток сточных вод, м <sup>3</sup> /сут.	Тепловой потенциал сточных вод, Гкал/ч	Тепловой потенциал сточных вод, Гкал/мес.
Январь	10	12 961,6	5,42	4030,3
Февраль	9	13 323,8	4,99	3351,3
Март	10	13 101,3	5,46	4062,3
Апрель	9	13 080,3	4,91	3535,2
Май	8	13 077,7	4,36	3243,8
Июнь	5	13 083,7	2,75	1981,1
Июль	6	13 081,9	3,28	2440,3
Август	7	13 148,4	3,83	2849,5
Сентябрь	9	13 131,3	4,93	3549,6
Октябрь	9	13 132,6	4,93	3667,9
Ноябрь	10	13 262,7	5,53	3981,6
Декабрь	10	13 026,5	5,43	4039,9
Итого в год:				40 732,8

Учитывая то, что на нужды отопления, вентиляции и ГВС очистных сооружений необходимо 9213,84 Гкал/год тепловой энергии, а потенциал сточных вод составляет около 40 732,8 Гкал/год (что примерно в 4,5 раза больше, чем необходимо), то установленная ТНУ, таким образом, может полностью обеспечить теплоснабжение объектов очистных сооружений города Березовский. Оставшуюся тепловую энергию можно передать другим близлежащим объектам по существующим или вновь введенным теплосетям.

Предварительный расчет показал, что для решения проблем теплоснабжения объектов очистных сооружений города Березовский достаточно иметь два ТН (один – резервный) средней тепловой мощности. Один из насосов в летний период, когда тепловая нагрузка на очистных сооружениях минимальна, может временно отключаться. По имеющимся данным, максимальная тепловая нагрузка на очистных сооружениях приходится на январь месяц (817 Гкал/мес. или 1,1 Гкал/ч). Исходя из этой нагрузки, можно выбрать ТН.

Для обеспечения нормальной работы ТНУ достаточно будет использовать два тепловых насоса фирмы ЗАО «Энергия» марки ТН-500 и ТН-1000. Они имеют теплопроизводительность 500 кВт и 905 кВт соответственно, что составляет суммарно 1,21 Гкал/ч.

#### *Библиографический список*

1. Закиров Д.Г. Пути решения проблемы теплоснабжения в коммунальном хозяйстве с использованием тепловых насосов // Новости теплоснабжения. 2002. № 4 (20). С. 53–55.
2. Васильев Г.П. Использование низкопотенциальной тепловой энергии Земли в теплонасосных системах // Экологические системы. 2008. № 4.
3. Васильев Г.П. О тепловом ресурсе сточных вод и его использовании // Экологические системы. 2012. № 10.
4. Заключение по обследованию сооружений по очистке сточных вод г. Березовский. Инженерная академия, 2007.